

マルチエージェントシステムにおける合意形成モデル構築

Construction of an agreement formation model based in a multi-agent system

近江 潤明*¹

Hiroaki Oumi

三田村 保*²

Tamotsu Mitamura

大堀 隆文*²

Takafumi Oohori

栗原 正仁*¹

Masahito Kurihara

*¹北海道大学大学院情報科学研究科コンピュータサイエンス専攻

Division of Computer Science, Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University

*²北海道工業大学情報デザイン学科

Department of Information Design, Hokkaido Institute of Technology

In an information society, in order to form an agreement from the individual as for whom a large number did autonomy, it is necessary to have a discussion which does not include the logical inconsistency efficiently.

One of the models which perform such the agreement formation has an adaptive consensus formation. This is a model to which an agent performs harmony agreement formation which corrects a self preference for the degree of adaptation at origin. The direction of the structure modeling method FISM(Flexible Interpretive Structural Modeling) is said to be suitable for the preference-related agreement formation to it. But, FISM did not define the concrete method of the agreement formation.

Then, the influence of the difference called for logically and the model of the participation to the argument using an agent's degree of adaptation are proposed, and this paper examines the usefulness of this model.

1. はじめに

情報化社会において、多数の自律した個人から合意を形成するには、効率よくかつ論理的矛盾を含まない議論を行う必要がある。

このような合意形成を行うモデルの一つに適応型合意形成[高橋 99]がある。これは、エージェントが適応度を元に自己の選好を修正する調和的な合意形成を行うモデルである。

以前我々は、この適応型合意形成モデルについて、合意形成内部におけるエージェントの状態に着目し、エージェントの集団に対する評価として、不満度 FI をモデル化 [近江 02] し、合意形成の特性の分析 [近江 03] を行った。この分析により、適応型合意形成の内部においてエージェントの不満度に大きな偏りが発生すること、また、選好インデックス生成によりエージェントの選好関係の特徴がランク情報を除いて失われてしまうこと、選好を構成する要素が多い場合や複雑な関係を持つ場合に合意を生成することが難しいとする問題点を発見した。

これに対し、構造モデリング法 FISM(Flexible Interpretive Structural Modeling) による合意形成モデル構築支援 [大内 91] により、集団内のエージェントの選好関係の不一致要素の関係モデルから可到達行列理論に基づいて合意形成を行う方法が提案されていた。しかし、この合意形成モデル構築支援では、相違点から重点的に議論するとするものの、具体的な議論の方法については定義されていなかった。

そこで本論文では、マルチエージェントシステムにおける合意形成モデル構築として、エージェントの選好関係をより生かしたモデル、具体的な議論の方法として、論理的に求められる相違点の影響度と、エージェントの適応度を用いたルーレット選択により議論への参加方法決定するモデルを提案するとともに、その有用性について検討する。

2. FISM による適応型合意形成モデル

集団 $G = \{A_k : k = 1, 2, \dots, K\}$ において、エージェント A_k は、選択肢の集合 $W = \{O_1, O_2, \dots, O_N\}$ 上の二項関係 $M^{(k)}$ と、集団 G に対する適応度 $0 \leq \alpha^{(k)} \leq 1$ をもつ。

ここで、 $M^{(k)} = [m_{ij}^k]$ は、 O_i は O_j より好ましいと判断する関係を表し、半順序関係の性質である反射性、推移性を満たす、部分可到達行列とする。

[合意形成プロセス]

1. 集団 G に所属するエージェントの $M^{(1)}, M^{(2)}, \dots, M^{(K)}$ を作成
2. 比較行列 C を作成

$$C = [c_{ij}]$$

$$c_{ij} = \begin{cases} m_{ij}^1, & (\text{if } m_{ij}^1 = \dots = m_{ij}^K) \\ x & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

3. while $C \neq$ 全ての要素が既知の可到達行列 do begin
 - (a) C より、随伴合意行列 $\Psi = \{\psi_{11}, \psi_{10}, \psi_{00}\}$ を計算

$$\begin{aligned} \psi_{11}(c_{ij}) &= \{(p, q) \mid c_{pi}c_{jq} = 1\} \\ \psi_{10}(c_{ij}) &= \{(p, q) \mid \bar{c}_{iq}c_{jp} + c_{qi}\bar{c}_{pj} = 1\} \\ \psi_{00}(c_{ij}) &= \{(p, q) \mid c_{ip}c_{qj} = 1\} \end{aligned} \quad (2)$$

- (b) 随伴合意行列 Ψ より、自己の主張が最大限取り入れられるように各エージェントの $C^{(k)}$ を更新
- (c) 適応度 $\alpha^{(k)}$ を元に確率 $P^{(k)}$ で、ルーレット選択により $C^{(k)}$ を選び、 C' とする

$$P^{(k)} = (1 - \alpha^{(k)}) / \sum_{j=1}^N (1 - \alpha^{(j)}) \quad (3)$$

end

4. 結果の C が合意された部分可到達行列となる

連絡先: 三田村 保, 北海道工業大学情報デザイン学科, 北海道札幌市手稲区前田 7 条 15 丁目 4-1, 011-688-2225, 011-681-3622, mitamura@hit.ac.jp

3. シミュレーション

集団 G において, エージェント数 $K = 10$, 選択肢数 $N = 10$ として同質集団と, 混質集団に対して実験を行い, 不満度の発生と合意回数, エージェントの選択率の分析を行った.

合意された結果に対して, エージェントがどれほど満足しているかを示すものとして, 不満度を定義する.

$$DI^{(k)} = [d_{ij}^k] \quad (4)$$

$$d_{ij}^k = \begin{cases} m_{ij}^k - c_{ij} & (\text{if } c_{ij} \neq x) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$FI^{(k)} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N |d_{ij}^k| \quad (5)$$

3.1 結果 1

表 1 に FISM による適応型合意形成モデルにおける結果を, 表 2 に従来の適応型合意形成による結果を示す [近江 02].

表 1: FISM による適応型合意形成の場合

| | 適応度 | 平均 FI | 標準偏差 | 平均合意回数 | 標準偏差 | 非合意集団数 |
|------|---------|-------|-------|--------|-------|--------|
| 同質集団 | 0.1 | 42.8 | 8.573 | 15.08 | 1.655 | 0 |
| | 0.3 | 42.7 | 8.481 | 15.15 | 1.633 | 0 |
| | 0.5 | 42.9 | 8.429 | 15.13 | 1.572 | 0 |
| | 0.7 | 42.6 | 8.444 | 15.07 | 1.591 | 0 |
| | 0.9 | 42.5 | 8.541 | 15.14 | 1.628 | 0 |
| 混質集団 | 0.1~0.9 | 42.5 | 8.769 | 15.26 | 1.743 | 0 |

表 2: 従来の適応型合意形成の場合

| | 適応度 | 平均 FI | 標準偏差 | 平均合意回数 | 標準偏差 | 非合意集団数 |
|------|---------|-------|-------|--------|------|--------|
| 同質集団 | 0.1 | 35.5 | 7.925 | 100 | - | 1000 |
| | 0.3 | 39.2 | 7.957 | 62 | - | 586 |
| | 0.5 | 40.2 | 7.986 | 37 | - | 341 |
| | 0.7 | 40.2 | 7.969 | 3 | - | 0 |
| | 0.9 | 40.2 | 7.969 | 2 | - | 0 |
| 混質集団 | 0.1~0.9 | 40.2 | 7.003 | 44 | - | 379 |

FISM による新しい適応型合意形成モデルの適応度がエージェントの意見が採択される確率に関係し, また未知要素が関係するのに対し, 従来のモデルでは適応度は自らの意見を修正する割合になるため, 不満度 FI の直接比較をすることは難しいものになっている.

しかし, 新モデルでは全体的に不満度が高くなっているものの, その分ばらつきも大きくなっていることがわかる. これは従来モデルで失われていた関係が生かされるため, より正確な合意形成が行われているといえる.

次に, 非合意集団数においては, 新モデルと従来モデルでは圧倒的な差が生じていることがわかる. これは, 議論の仕方の相違からくるものに他ならない. 従来モデルでは, 集団に全体の平均的な適応度が低くなるほど合意回数が長くなり, 高くなれば短くすむものであった. また, インデックスによる実数値比較の精度と合意が確定するまでの条件の指定が存在していなかった.

これに対し, 新モデルでは, FISM によって重要な要素から先に選好関係を確定し, 可到達行列理論によって関係する要素を複数同時に決定することができるために, 合意回数は着実に選択肢数の二乗以下に限定され, 同時決定による要素によりさらに合意回数を短縮することが可能になる. また, インデックスを用いないため, より複雑な関係の場合の情報の欠落を防ぐことが可能になる.

3.2 結果 2

表 3 に, エージェントの主張が実際に採用された選択率の比較を示す.

表 3: エージェントの平均選択率比較

| FISM 適応型 | 適応度 | 平均選択率 $P^{(i)}$ (%) |
|----------|---------|---------------------|
| 混質集団 | 0.1 | 16.379 |
| | 0.3 | 12.962 |
| | 0.5 | 9.727 |
| | 0.7 | 6.230 |
| | 0.9 | 1.840 |
| 同質集団 | 0.1~0.9 | 9.375 |

新モデルの適応度がエージェントの選好を主張できる確率に関係するため, 従来モデルに比べてエージェントが選好を本当に主張出来ているのか不安が残る.

しかし, 表に示されているように, 結果にも選択率の差がはっきり現れている. 混質集団では適応度の一番低い 0.1 のエージェントと, 一番高い 0.9 のエージェントでは, 選択される確率が約 10 倍も離れていることがわかる.

また, 同質集団では全てのエージェントの適応度が同じであるから, つまりエージェントが選択される確率 $P^{(k)}$ も同じであるから, 10 エージェントの実験であるので理想として 10% の確率で選ばれる. 実験結果においても 9.375% と, ほぼそれを証明しているといえる.

4. おわりに

マルチエージェントにおける合意形成モデル構築として, 既存の適応型合意形成モデルの分析によって得られた事実から, FISM による適応型合意形成モデルを提案し, その特性について検討を行った.

FISM による適応型合意形成モデルでは, 従来の適応型合意形成モデルに比べ, エージェントの選好関係をより生かした合意形成を行うことができ, また短時間で安定した合意形成が行われることを示すことができた.

今後は, 選好関係のファジィ化など, さらに複雑な関係モデルの合意形成などについても対応可能なモデルを提案していきたい.

参考文献

- [近江 02] 近江 潤明, 三田村 保, 大堀 隆文: 適応型合意形成モデルにおけるエージェントの特性分析, 平成 14 年度電気関係学会北海道支部連合大会, pp. 305(2002).
- [近江 03] 近江 潤明, 三田村 保, 大堀 隆文, 栗原 正仁: 合意形成モデルにおける適応度戦略の比較, FIT(情報科学技術フォーラム)2003 一般講演論文集 (第 2 分冊), pp.321-322(2003).
- [大内 91] 大内 東, 栗原 正仁: FISM による合意形成モデル構築支援, 情報処理学会論文誌, Vol. 32, No. 2: pp.256-264(1991).
- [高橋 99] 高橋 正浩, 生天目 章: 適応型合意形成モデルとその諸性質, 情報処理学会論文誌, Vol. 40, No. 9: pp. 3586-3595(1999).